

## N° II.

## PREMIER MÉMOIRE

SUR

## LA DIFFRACTION DE LA LUMIÈRE,

OÙ L'ON EXAMINE PARTICULIÈREMENT

LE PHÉNOMÈNE DES FRANGES COLORÉES QUE PRÉSENTENT LES OMBRES

DES CORPS ÉCLAIRÉS PAR UN POINT LUMINEUX <sup>(\*)</sup>.

1. Avant d'entrer dans le détail de mes expériences sur la diffraction et des conséquences que j'en ai tirées, j'exposerai sommairement les principales objections que je me suis faites sur la théorie newtonienne.

Newton ayant posé en principe que les molécules lumineuses qui frappent nos yeux, lorsque nous regardons le soleil, partent de cet

---

(\*) Adressé à l'Académie des sciences, le 15 octobre 1815. — [MM. Poinso et Arago commissaires nommés le 23 octobre 1815.]

Ce Mémoire était accompagné de la lettre suivante de l'auteur à Delambre, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences.

Mathieu, près Caen, le 15 octobre 1815.

Monsieur,

Je vous prie de vouloir bien présenter à la première classe de l'Institut un Mémoire sur la diffraction, que M. Mérimée, mon oncle, aura l'honneur de vous remettre avec cette lettre.

Peut-être ce Mémoire vous offrira-t-il des raisonnements déjà faits et des expériences connues, que j'ai pu croire neuves, n'étant pas à portée de me tenir au courant des progrès de la science.

La théorie de Newton est encore adoptée généralement. Je ne connais aucun ouvrage dans lequel elle soit attaquée directement, et où l'on donne, ainsi que je l'ai fait, les formules pour calculer la largeur des franges colorées des ombres. Ces formules, jointes aux observations par lesquelles j'ai vérifié leur exactitude, me

N° II. astre pour arriver jusqu'à nous, fut obligé de supposer que leur marche n'est point dérangée par les molécules de calorique répandues dans l'espace. Cela me paraît difficile à admettre. La plupart des physiciens, je pense, sont persuadés que les molécules lumineuses et calorifiques sont de même nature; une foule de raisons portent à le croire, et il suffit, pour s'en convaincre, de remarquer ce qui se passe lorsqu'un corps noir est exposé à l'action de la lumière. Il ne la transmet ni ne la réfléchit, ou, du moins, ce qu'il en réfléchit est fort peu de chose, quand il n'est pas poli. Il ne peut pas en absorber éternellement, et, après s'en être saturé, il devrait en rendre autant qu'il en reçoit. Que devient donc la lumière? Il la rend à l'état de calorique. Ce n'est qu'en admettant l'identité des molécules de la lumière et du calorique qu'on peut concevoir le phénomène. Cela posé, quelle que soit la petitesse des molécules de calorique répandues dans l'atmosphère, par rapport aux distances qui les séparent, elles sont assez rapprochées pour agir les unes sur les autres, puisque par leurs répulsions réciproques elles font équilibre au poids des couches supérieures de l'atmosphère. Une molécule lumineuse qui la traverse doit donc éprouver continuellement des répulsions qui contrarient son mouvement; comment peut-il se faire que toutes ces répulsions ne détruisent pas sa vitesse, et qu'en donnant du mouvement à tant de milliards de molécules elle ne finisse pas par perdre le sien?

2. Pour expliquer la réfraction, Newton suppose dans les corps des attractions différentes pour la lumière. Ainsi, par exemple, il attribue l'inflexion qu'éprouve le rayon lumineux passant de l'air dans le verre

---

paraissent augmenter beaucoup les probabilités en faveur du système où l'on considère la lumière comme résultant des vibrations du calorique.

J'ai l'honneur d'être, avec la plus haute considération,

Monsieur,

Votre très-humble et très-obéissant serviteur.

A. FRESNEL.

M. Augustin Fresnel, ingénieur des ponts et chaussées,  
à Mathieu, près Caen, département du Calvados.

à l'attraction plus puissante du verre, qui le rapproche de la normale au point d'incidence. Représentons-nous cependant le verre et l'air, avec le calorique qui les pénètre. Tant que les molécules de calorique ont été plus attirées par le premier que par le second, elles ont dû passer de celui-ci dans celui-là; mais à la fin le rapprochement des molécules de calorique du verre, en augmentant leurs répulsions réciproques, a dû contre-balancer l'excès de son attraction, et l'équilibre s'est établi. Or, que résulte-t-il de cet état d'équilibre? C'est qu'une molécule quelconque de calorique, située dans le voisinage de la surface, n'est pas plus attirée d'un côté que de l'autre. Comment donc admettre le contraire pour une molécule lumineuse, puisqu'elles sont de même nature? Si la molécule en repos n'est plus dérangée de sa position par l'attraction du verre, comment cette attraction changerait-elle la direction de la molécule lumineuse, dont la vitesse est énorme?

3. Indépendamment de ces deux objections, auxquelles il me paraît difficile de répondre d'une manière satisfaisante, la théorie newtonienne conduit à plusieurs hypothèses improbables. Il faut admettre que la lumière s'élance des corps avec une foule de vitesses différentes, et qu'elle n'est visible qu'avec une seule de ces vitesses, ou du moins dans des limites extrêmement rapprochées. M. Arago <sup>(1)</sup> a prouvé que, dans ce système, avec un dix-millième de vitesse de plus ou de moins les molécules lumineuses n'étaient plus sensibles à nos yeux. Cependant à quoi tient leur visibilité? Au choc contre les nerfs de l'œil? Ce choc ne deviendrait pas insensible par une augmentation de vitesse. A la manière dont elles se réfractent dans la prunelle? Mais des molécules rouges, dont la vitesse aurait été diminuée, même d'un cinquantième, se réfracteraient encore moins que les rayons violets et ne sortiraient pas du spectre, qui présente les limites de la vision.

4. M. Arago a démontré encore qu'on ne pouvait pas expliquer la diversité des couleurs, dont la lumière est composée, par des vitesses

---

<sup>(1)</sup> *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. XXXVI, p. 38; *Œuvres complètes de F. Arago*, t. VII, p. 548.

N° II. différentes dans ses molécules. Il faut donc admettre autant d'espèces de molécules lumineuses qu'il y a de couleurs, de nuances diverses dans le spectre solaire.

5. Les accès de facile réflexion et de facile transmission sont à peu près inexplicables dans le système de Newton. Aussi les présente-t-il comme de nouvelles propriétés de la lumière, et ne cherche-t-il pas à les relier aux bases de sa théorie. Il me semble que ces variations périodiques dans les dispositions de la lumière se concevraient mieux en la considérant comme produite par les vibrations du calorique; car dans la même ondulation il aurait successivement différentes vitesses, éprouverait différents degrés de pression, qui se répéteraient dans les ondulations suivantes.

6. La double réfraction a obligé Newton de faire encore une nouvelle hypothèse, qui est bien extraordinaire : c'est que les molécules lumineuses ont des pôles, et que le spath d'Islande tourne d'un même côté les pôles de même espèce. Malus a prouvé, par ses belles expériences sur la polarisation de la lumière, qu'elle se modifiait de la même manière lorsqu'elle était réfléchie sous un certain angle par une glace non étamée. Est-il indispensable d'admettre des pôles dans les molécules lumineuses pour concevoir ce phénomène, et ne peut-on pas supposer que la glace imprime aux vibrations de la lumière, dans le sens du plan de réflexion, une modification particulière, qui fait qu'elle est plus susceptible d'être réfléchie dans ce sens que dans l'autre ?

7. Il me semble que la théorie des vibrations se plie mieux que celle de Newton à tous les phénomènes, et si l'on n'a pas encore donné dans celle-là une explication satisfaisante de la réfraction, cela vient peut-être de ce qu'on n'a pas assez étudié la lumière sous ce point de vue. L'hypothèse est simple et l'on sent qu'elle doit être féconde en conséquences, mais il est difficile de les tirer.

8. La plus forte objection qu'on ait faite à cette théorie est celle qui est fondée sur la comparaison de la lumière et du son. Mais rien ne prouve qu'on puisse comparer avec exactitude les vibrations de l'air, d'un fluide pesant, aux vibrations du calorique, du fluide subtil dont

il emprunte son élasticité. La marche de la lumière est infiniment plus rapide que celle de l'air; son mouvement doit donc se répandre beaucoup moins au dehors de sa direction primitive<sup>(1)</sup>, tant qu'aucun obstacle ne le dérange; car la lumière, par la rencontre d'un corps, peut être réfléchie comme le son, réfractée ou infléchie.

9. Cette objection, la seule à laquelle il me paraisse difficile de répondre complètement, m'a conduit à m'occuper des ombres portées. Pour ramener le phénomène à son plus grand degré de simplicité, j'ai diminué autant que possible les dimensions du point lumineux, et j'ai observé cependant que les ombres n'étaient jamais terminées nettement, comme elles devraient l'être, si la lumière ne se propageait que dans le sens de sa direction primitive. On voit qu'elle se répand dans l'ombre, et il est difficile d'assigner le point où elle s'arrête, les limites de l'angle d'inflexion. J'ai vu de la lumière jusque dans le milieu de l'ombre d'une règle de deux centimètres de largeur, en la regardant directement avec une forte loupe.

Pour que cette lumière soit sensible, il faut qu'il y ait, sur les bords du corps, des aspérités qui la divisent inégalement. Je me suis assuré, en recevant l'ombre d'un fil sur un verre, dont une moitié était dépolie, et en l'examinant par derrière avec une loupe, que l'ombre était la même dans les deux parties, qu'il était inutile d'interposer un verre dépoli pour la recevoir, et qu'en la regardant directement, on la voyait telle qu'elle était réellement au foyer de la lentille. Cette remarque m'a été très-utile dans l'étude de la diffraction, en me donnant le moyen d'observer les franges jusqu'à leur naissance. J'ai reconnu qu'elles partaient des bords mêmes des corps, et qu'ils n'exerçaient pas sur la lumière des actions répulsives à une aussi grande distance que Newton l'a supposé.

10. Je me suis d'abord servi, pour obtenir un point lumineux, d'un très-petit trou fait dans une feuille d'étain, sur lequel je rassemblais beau-

<sup>(1)</sup> Il est possible que, dans le vide même, le mouvement d'un rayon lumineux en produise d'autres dans des sens obliques à sa direction, et que ces mouvements, plus faibles

et d'une nature différente, soient insensibles à l'œil, dont l'étendue de sensation est bien moindre que celle de l'oreille.

N° II. coup de lumière au moyen d'une grande lentille. Mais le mouvement du soleil déplaçait promptement le foyer, et chaque observation ne pouvait durer qu'un instant. Enfin j'ai essayé le moyen que M. Arago m'avait indiqué, et qui m'a parfaitement réussi. J'ai formé un point lumineux avec une lentille très-convexe; j'ai obtenu ainsi des franges bien nettes, avec une lentille de six lignes de foyer, tant que le corps dont j'observais l'ombre était à plus de cinquante centimètres du point lumineux; mais lorsque je voulais le rapprocher davantage, les franges devenaient trop vagues pour être mesurées exactement. N'ayant pas de plus forte lentille, pour obtenir un point lumineux plus fin, je me suis servi d'un globule de miel déposé sur un petit trou fait à une feuille de cuivre. Éclairé par ce globule, le fil de fer, dont je mesurais les franges, en produisait encore de très-nettes, même lorsqu'il n'était plus qu'à un centimètre du point lumineux. Mais ne connaissant pas assez exactement la position de son foyer, je ne pouvais évaluer sa distance au fil qu'à un demi-millimètre près, et lorsqu'il n'y avait qu'un centimètre d'intervalle entre eux, je pouvais faire une erreur d'un vingtième sur cette distance.

11. Avec un globule dont on connaîtrait bien les dimensions, on calculerait exactement la position du foyer, et cette difficulté disparaîtrait; on pourrait alors étudier la loi de la diffraction vers une des limites du phénomène. Il est facile de construire un instrument très-simple et très-commode pour ces observations. Une règle en cuivre divisée avec soin porterait à une de ses extrémités un globule de verre; les divisions partiraient du foyer de la lentille, et seraient, par exemple, d'un millimètre chacune; le fil métallique, ou plutôt une lame très-étroite taillée en biseau de chaque côté (afin que la largeur qui porte ombre fût invariable) pourrait se mouvoir perpendiculairement le long de la règle, et, au moyen d'une vis de rappel, on placerait (à la loupe) la face la plus large sur une des divisions. On recevrait ensuite l'ombre sur un carton blanc, ou bien en la regardant directement avec une loupe, on la mesurerait au moyen d'un micromètre.

N'ayant pas de micromètre, je me suis d'abord servi du premier



moyen. Je recevais l'ombre sur un carton blanc, et je mesurais la distance entre les deux franges extérieures du premier ordre, en prenant, dans chaque frange, le point où cesse le rouge et où le violet commence. Je connaissais assez exactement le diamètre du fil de fer dont je me servais, qui était d'un millimètre; je pouvais ainsi calculer la largeur de l'ombre telle qu'elle aurait été sans la diffraction, et par une soustraction je voyais de combien la première frange s'en éloignait.

12. Je m'étais assuré d'avance, en dirigeant sur le globule des rayons rouges, et ensuite des rayons violets, que les franges produites par ceux-ci s'écartaient moins de l'ombre que celles que donnaient les rayons rouges, et que les couleurs suivaient le même ordre que dans les anneaux colorés; c'est pourquoi j'ai toujours pris le passage du rouge au violet pour la ligne de séparation des couleurs du premier et du second ordre.

13. Le tableau suivant présente les résultats des observations que j'ai faites, en recevant les ombres sur un carton :

SÉRIES D'ORDRE.	DISTANCE du point lumineux au fil de fer.	DISTANCE du fil au carton.	LARGEUR de l'ombre observée entre les deux franges extérieures.	LARGEUR de l'ombre telle qu'elle serait sans la diffraction.	DIFFÉRENCE, ou double de la distance, de la 1 <sup>re</sup> frange au bord de l'ombre géométrique.	DIFFÉRENCE divisée par la distance du fil au carton, ou angle de diffraction.	
1	0 <sup>m</sup> ,017	1 <sup>m</sup> ,033	0 <sup>m</sup> ,0780	0 <sup>m</sup> ,0618	0 <sup>m</sup> ,0162	0,01568	Dans les observations 1, 2, 3, 4, 5 et 6 le point lumineux était le foyer d'un globule qui ne jetait qu'une lumière faible, en sorte que je ne pouvais pas beaucoup éloigner le carton. Dans les autres observations, le point lumineux était donné par une lentille de six lignes de foyer. J'aurais pu obtenir des mesures plus exactes en inclinant le carton au rayon de lumière; mais l'idée ne m'en était pas encore venue.
2	0,050	1,432	0,0422	0,0296	0,0126	0,00880	
3	0,100	1,365	0,0232	0,0147	0,0085	0,00623	
4	0,150	1,304	0,0169	0,0097	0,0072	0,00552	
5	0,201	1,250	0,0129	0,0072	0,0057	0,00456	
6	0,237	1,215	0,0115	0,0061	0,0054	0,00444	
7	0,393	5,267	0,0320	0,0144	0,0176	0,00334	
8	0,987	4,673	0,0160	0,0057	0,0103	0,00220	
9	1,487	4,173	0,0115	0,0038	0,0077	0,00184	
10	1,987	3,673	0,0094	0,0028	0,0066	0,00180	
11	2,487	3,173	0,0076	0,0023	0,0053	0,00167	
12	2,987	2,673	0,0061	0,0019	0,0042	0,00157	
13	3,987	1,673	0,0044	0,0014	0,0030	0,00179	
14	6,700	3,280	0,0062	0,0015	0,0047	0,00143	
15	8,460	1,510	0,0038	0,0012	0,0026	0,00172	

Les observations 14 et 15 ont été faites à l'aide d'un miroir, qui réfléchissait le point lumineux pour prolonger sa distance au fil, ma chambre obscure n'ayant que 5<sup>m</sup>,67 de longueur.

N° II. 14. M'étant assuré que la première frange partait des bords du fil de fer à sa naissance, et croyant qu'elle se propageait en ligne droite, pour juger des variations de l'angle de diffraction, j'avais divisé par la distance du fil au carton la différence entre la largeur de l'ombre géométrique et celle d'une frange à l'autre. On voit les quotients dans la dernière colonne. Il est à remarquer que l'angle de diffraction, après avoir diminué progressivement jusqu'au n° 12, augmente ensuite, et qu'au n° 15 il est plus grand qu'au n° 14. Je ne pouvais pas supposer que la loi fût rétrograde, et j'attribuais cela à l'inexactitude de mes observations. Cependant, comme j'avais déjà remarqué une anomalie semblable dans une autre série d'expériences, je soupçonnai que la distance à laquelle on plaçait le carton influait sur la mesure de l'angle de diffraction, ou autrement que la première frange ne se propageait pas en ligne droite. C'est ce dont je me suis assuré depuis par des observations assez exactes pour ne plus laisser aucun doute à cet égard.

Mais je n'ai fait ces expériences qu'après avoir trouvé la véritable théorie de la diffraction.

15. Je me suis longtemps arrêté aux franges extérieures, qui sont les plus faciles à observer, sans m'occuper des franges intérieures. Ce sont celles-ci qui m'ont enfin conduit à l'explication du phénomène.

J'avais déjà collé plusieurs fois un petit carré de papier noir sur un côté du fil de fer dont je me servais dans mes expériences, et j'avais toujours vu les franges de l'intérieur de l'ombre disparaître vis-à-vis de ce papier; mais je ne cherchais que son influence sur les franges extérieures<sup>(1)</sup> et je me refusais en quelque sorte à la conséquence remar-

<sup>(1)</sup> J'avais remarqué que lorsque le fil métallique était très-mince, les franges extérieures devenaient légèrement concaves vis-à-vis de l'ombre du papier, d'où j'ai conclu que la lumière infléchit d'un côté du fil peut influer sensiblement sur les franges extérieures de l'autre côté; c'est ce qui m'a déterminé à n'employer dans mes expériences que des fils ayant au moins un millimètre de

diamètre. On ne peut pas supposer que le petit papier agisse par attraction sur les rayons qui passent de l'autre côté du fil, car il en est trop éloigné. D'ailleurs les franges ne varient pas avec la masse ou la surface du corps contre lequel s'infléchit la lumière. Le tranchant et le dos d'un rasoir, un fil métallique poli ou couvert de noir de fumée donnent toujours les mêmes franges.



quable où me conduisait ce phénomène. Elle m'a frappé dès que je me suis occupé des franges intérieures, et j'ai fait sur-le-champ cette réflexion : puisque en interceptant la lumière d'un côté du fil on fait disparaître les franges intérieures, le concours des rayons qui arrivent des deux côtés est donc nécessaire à leur production.

16. Elles ne peuvent pas provenir du simple mélange de ces rayons, puisque chaque côté du fil séparément ne jette dans l'ombre qu'une lumière continue; c'est donc la rencontre, le croisement même de ces rayons qui produit les franges. Cette conséquence, qui n'est pour ainsi dire que la traduction du phénomène, est tout à fait opposée à l'hypothèse de Newton, et confirme la théorie des vibrations. On conçoit aisément que les vibrations de deux rayons, qui se croisent sous un très-petit angle, peuvent se contrarier, lorsque les nœuds des uns répondent aux ventres des autres<sup>(a)</sup>. C'est ce qu'amène sans doute le croisement des rayons dans l'intérieur, comme à l'extérieur de l'ombre. A l'extérieur les franges sont produites par le croisement des rayons<sup>(b)</sup> partant du point lumineux et des bords du fil, et dans l'intérieur de

<sup>(a)</sup> Cet énoncé si complètement inexact du principe des interférences a été reproduit plusieurs fois par Fresnel dans ses premières communications académiques, et se retrouve dans son premier écrit imprimé, le *Mémoire sur la diffraction* inséré au tome I<sup>er</sup> des *Annales de chimie et de physique* [2<sup>e</sup> série] (voir en particulier la page 245). L'exemplaire tiré à part de ce *Mémoire*, qui nous a fourni le texte du N° VIII de la présente édition, porte une correction manuscrite de la main de Fresnel, qui rétablit comme il suit le véritable énoncé du principe :

« On conçoit aisément, en effet, que deux ondulations qui se croisent sous un petit angle doivent se contrarier et s'affaiblir lorsque les nœuds dilatés des uns répondent aux nœuds condensés des autres, et se fortifier mutuellement, au contraire, lorsque leurs mouvements sont en harmonie. »

Il n'y a sans doute qu'une inadvertance dans l'énoncé erroné donné d'abord par Fresnel. On pourrait s'étonner qu'elle ait échappé à l'attention des commissaires de l'Académie, mais le passage de leur rapport où le phénomène des interférences est comparé au phénomène acoustique des battements (voir plus loin n° VII, § 7) laisse croire qu'ils n'ont pas eu tout de suite l'intelligence exacte du principe dont il s'agit. [E. VERDET.]

<sup>(b)</sup> Aucun des mémoires d'Aug. Fresnel, antérieurs au 14 juillet 1816 et au 19 avril 1818 (voir ci-après, N° X et XI), n'expose une théorie exacte de la diffraction. Tous, en effet,

N° II. l'ombre elles proviennent du croisement des rayons infléchis de chaque côté par les bords du fil. J'ai considéré le point lumineux, et les deux bords du fil, comme des centres d'ondulations régulières, et les intersections de leurs cercles devaient me donner la position des franges. J'ai trouvé ainsi pour l'expression de la distance de la première frange extérieure au bord de l'ombre, telle qu'elle serait sans la diffraction :  $\sqrt{\frac{2db(a+b)}{a}}$ ,  $a$  représentant la distance du point lumineux au fil,  $b$  celle du fil au carton sur lequel on reçoit l'ombre, et  $d$  la longueur d'une ondulation.  $d$  étant extrêmement petit, j'ai négligé les termes multipliés par son carré. Voyant dans les intersections de ces ondulations l'explication de beaucoup de phénomènes particuliers que je n'avais pas encore pu concevoir, et persuadé que j'étais arrivé à la véritable théorie de la diffraction, j'appliquai sur-le-champ cette formule à une de mes observations, en substituant à la place de  $d$  la longueur moyenne indiquée par la table de Newton, pour le passage d'un accès de facile transmission ou répulsion dans l'air, à un autre accès semblable; mais je m'aperçus que la véritable valeur de  $d$  était précisément le double de cette longueur <sup>(1)</sup>.

17. J'ai donc adopté pour la valeur de  $d$  la somme des épaisseurs des lames d'air qui répondent au rouge du premier ordre et au violet du second ordre, c'est-à-dire vingt millionièmes de pouce anglais et un sixième, ou 0<sup>m</sup>,0000005176, et appliquant la formule  $\sqrt{\frac{2db(a+b)}{a}}$  aux observations que j'avais faites, j'ai vu partout la théorie s'accorder

<sup>(1)</sup> Pourquoi les ondulations qui produisent les franges sont-elles doubles des intervalles de retour au même accès, que Newton

a déduits si naturellement des anneaux colorés? C'est ce que je n'ai pas encore pu m'expliquer d'une manière satisfaisante.

---

attribuent la formation des franges à l'intervention des rayons réfléchis sur les bords des ouvertures.

Nous croyons inutile de répéter pour chacun d'eux cette observation.

C'est dans le *Supplément au mémoire sur la diffraction* (N° X) et surtout dans la *Note sur la théorie de la diffraction* (N° XI) qu'on trouve pour la première fois l'explication des phénomènes établie sur les vrais principes, dégagée de toute hypothèse.

avec l'expérience, ou du moins les différences étaient assez légères pour qu'on pût les attribuer à l'inexactitude des observations.

N° II.

18. Le tableau suivant présente les résultats du calcul à côté de ceux de l'observation :

ORDRE DU POINT LUMINEUX EN DÉ DE FIL.	DISTANCE DU POINT LUMINEUX AU FIL DE FER.	DISTANCE DE FIL	LAISSEZ de l'ombre observée entre les deux franges extérieures.	LAISSEZ de l'ombre telle qu'elle serait sans la diffraction.	DIFFÉRENCE, ou double de la distance de la 1 <sup>re</sup> frange au bord de l'ombre géométrique.	RÉSULTATS obtenus par la formule $\sqrt{\frac{2d(2d+b)}{a}}$	DIFFÉRENCE entre les résultats de l'observation et ceux du calcul.
1	0",017	1",033	0",0780	0",0618	0",0162	0",01636	- 0",00006
2	0",050	1",033	0",0422	0",0296	0",0126	0",01226	+ 0",00046
3	0",100	1",033	0",0232	0",0147	0",0085	0",00910	- 0",00060
4	0",150	1",033	0",0169	0",0097	0",0072	0",00723	- 0",00003
5	0",201	1",033	0",0119	0",0072	0",0047	0",00611	- 0",00041
6	0",237	1",033	0",0115	0",0061	0",0054	0",00555	- 0",00015
7	0",293	1",033	0",0082	0",0044	0",0038	0",00373	- 0",00012
8	0",387	1",033	0",0060	0",0038	0",0023	0",00253	- 0",00023
9	0",487	1",033	0",0045	0",0038	0",0017	0",00181	- 0",00041
10	0",587	1",033	0",0034	0",0028	0",0016	0",00158	+ 0",00002
11	0",687	1",033	0",0026	0",0023	0",0013	0",00147	- 0",00017
12	0",787	1",033	0",0019	0",0019	0",0010	0",00108	- 0",00038
13	0",887	1",033	0",0014	0",0014	0",0008	0",00083	- 0",00013
14	0",987	1",033	0",0011	0",0011	0",0007	0",00078	+ 0",00022
15	1",087	1",033	0",0008	0",0008	0",0006	0",00067	- 0",00010

Cette différence de  $\frac{1}{1000}$  de millimètre, la plus considérable de toutes, n'est cependant que le quarantième environ de la largeur totale de l'ombre mesurée, et le cinquantième de l'angle de diffraction.

19. Une conséquence très-remarquable de cette théorie de la diffraction, c'est que la même frange ne se propage pas en ligne droite, mais suivant une hyperbole, dont les foyers sont le point lumineux et un des bords du fil, pour les franges extérieures. Un résultat aussi surprenant avait besoin d'être confirmé par des expériences plus exactes.

20. Pour cela, j'ai construit moi-même un micromètre, avec lequel je puis mesurer les largeurs des ombres à moins d'un quarantième de millimètre près. Il est formé par deux fils de soie partant d'un même point et aboutissant à deux points éloignés l'un de l'autre de cinq millimètres. Je regarde l'ombre avec une forte loupe placée de manière que les fils se trouvent à son foyer, et qu'ils paraissent bien

N° II. dégagés de franges. Un petit carton mobile me sert à marquer l'endroit où la distance entre les fils est égale à la largeur de l'ombre. Le cadre qui porte ces fils est divisé en millimètres, dans le sens de leur longueur, en sorte que je puis juger de la distance de leur point de concours au carton à un millimètre près, et comme ce cadre a 218 millimètres de longueur, je puis donc évaluer la distance entre les fils à moins d'un quarantième de millimètre. Il faut beaucoup de patience pour se servir de ce micromètre grossier, dans lequel il n'y a pas de vis de rappel. Un autre défaut de mon micromètre, c'est qu'il ne peut pas mesurer des largeurs qui excèdent 5 millimètres. Il est facile d'en imaginer un plus commode; mais c'était le seul que je pusse faire moi-même et avoir sur-le-champ.

21. J'ai obtenu avec ce micromètre, malgré son imperfection, des résultats qui s'accordent assez bien avec le calcul pour ne plus laisser de doute sur la formule qui lui sert de base, ainsi qu'on le reconnaîtra à l'inspection du tableau suivant.

NUMÉRO D'ORDRE.	DISTANCE du point lumineux au fil de fer.	DISTANCE du fil au micromètre.	LONGUEUR de l'ombre observée entre les deux franges extérieures.	LONGUEUR de l'ombre telle qu'elle serait sans la diffraction.	DIFFÉRENCE, ou double de la distance de la 1 <sup>re</sup> frange au bord de l'ombre géométrique.	RÉSULTATS donnés par la formule $\sqrt{\frac{2ab(a+b)}{a}}$	DIFFÉRENCE entre les résultats de l'observation et ceux du calcul.	
1	1",49	0",385	0",00264	0",00126	0",00138	0",00141	— 0",00003	Le fil de fer employé dans ces expériences a un millimètre de diamètre.
2	1",49	1",107	0",00459	0",00174	0",00285	0",00283	+ 0",00002	
3	1",49	4",186	0",0118	0",00381	0",00799	0",00812	— 0",00013	
4	0",342	0",028	0",00142	0",00108	0",00034	0",00035	— 0",00001	L'observation 3 n'a pas été faite au micromètre, mais avec un carton blanc sur lequel on a mesuré l'ombre du fil.
5	0",342	0",1485	0",00243	0",00143	0",00100	0",00094	+ 0",00006	
6	0",342	0",383	0",00397	0",00212	0",00185	0",00183	+ 0",00002	

Les observations 1, 2 et 3, dans lesquelles le fil est toujours à la même distance du point lumineux, prouvent que la première frange ne se propage pas en ligne droite; car si l'on joint par des lignes



droites les franges n° 1 et n° 3, on trouve pour la largeur n° 2, 0<sup>m</sup>,00438, au lieu de 0<sup>m</sup>,00459 que donne l'observation, et la différence est d'un cinquième de millimètre.

Les observations 4, 5 et 6 prouvent encore, malgré l'inexactitude de la cinquième, que la 1<sup>re</sup> frange se propage suivant une courbe dont la convexité est en dehors; car en tirant deux lignes droites des franges n° 4 aux franges n° 6, on trouve pour la largeur n° 5, 0<sup>m</sup>,00229 au lieu de 0<sup>m</sup>,00243, que donne l'observation, ou même de 0<sup>m</sup>,00237, que donne la théorie.

Si mon micromètre avait pu mesurer de grandes largeurs, j'aurais rendu plus sensible, dans cette seconde expérience, la courbure de l'hyperbole, en la prolongeant davantage. Il est vrai qu'à mesure qu'on s'éloigne, les ondulations se croisent sous un plus petit angle, la frange s'élargit, et il devient plus difficile d'assigner exactement le passage du rouge au violet, ou d'un ordre de couleurs au suivant.

22. Il en est des franges extérieures du second ordre comme de celles du premier; elles se propagent aussi suivant des hyperboles dont les foyers sont au point lumineux et au bord du fil. Ces hyperboles ont même plus de convexité que celles du premier ordre, parce que la différence entre les deux rayons vecteurs est plus considérable. Mais les couleurs du 2<sup>e</sup> et du 3<sup>e</sup> ordre se confondant beaucoup, il est très-difficile d'assigner le point de passage, et les mesures prises sur les franges du deuxième ordre ne peuvent plus avoir autant d'exactitude.

23. Le fil de fer étant à 0<sup>m</sup>,338 du point lumineux, et le micromètre à 3<sup>m</sup>,64 du fil de fer, j'ai mesuré la distance de la première frange à la seconde, et je l'ai trouvée de 0<sup>m</sup>,00293. Cette largeur est représentée par la formule  $\sqrt{\frac{4db(a+b)}{a}} - \sqrt{\frac{2db(a+b)}{a}}$ , ou  $(\sqrt{2}-1) \sqrt{\frac{2db(a+b)}{a}}$ , et en substituant à la place de  $a$ ,  $d$  et  $b$  leurs valeurs, on trouve 0<sup>m</sup>,00276. La différence entre le résultat du calcul et celui de l'observation est donc de 0<sup>m</sup>,00017, c'est-à-dire le seizième environ de la largeur mesurée.

Le fil de fer étant à 0<sup>m</sup>,295 du point lumineux, et le micromètre à



22 THÉORIE DE LA LUMIÈRE. — PREMIÈRE SECTION.

N° II.  $4^m,317$  du fil de fer, j'ai encore mesuré la distance de la première frange à la deuxième, et je l'ai trouvée de  $0^m,00358$ ; le calcul donne  $0^m,00346$ . La différence  $0^m,00012$  est à peu près le trentième de la largeur mesurée. Je m'étais plus attaché, dans cette seconde observation, à placer les fils du micromètre au point où le rouge est encore exempt de mélange de violet.

24. Plusieurs autres observations antérieures sur les franges du second ordre, dans lesquelles je recevais l'ombre sur un carton, et que je ne rapporte pas ici, à cause de leur peu d'exactitude, m'ont constamment donné des largeurs un peu plus grandes que le calcul. J'attribue cela à ce que, dans les franges du deuxième ordre, le rouge empiète considérablement sur des couleurs de l'ordre suivant, qui sont trop faibles pour contre-balancer son éclat, en sorte que l'endroit le plus sombre de la frange se trouve reculé ainsi que le point de passage apparent du rouge au violet, parce que le violet du troisième ordre, recouvert par le rouge du second, devient insensible.

Pour faire ces observations avec exactitude, il faudrait pouvoir n'employer qu'une même espèce de rayons.

25. J'ai dit que les franges extérieures se propagent suivant des hyperboles. Ce n'est pas que je suppose un mouvement courbe à la lumière; j'entends par là seulement, que les largeurs de ces franges prises à différentes distances du fil ne sont pas les ordonnées d'une ligne droite, mais d'une hyperbole dont ces distances seraient les abscisses.

26. La différence entre les deux rayons vecteurs étant presque égale à la distance entre les deux foyers, l'hyperbole se rapproche extrêmement d'une ligne droite, et c'est ce qui a été cause sans doute de l'erreur où est tombé Newton. Il a pris une partie de la branche de l'hyperbole pour une ligne droite, et comme cette droite prolongée passe en dehors du sommet de l'hyperbole, ou du bord du fil, il en a conclu que les rayons de lumière évitaient de toucher les corps et pouvaient en être repoussés à des distances très-sensibles.

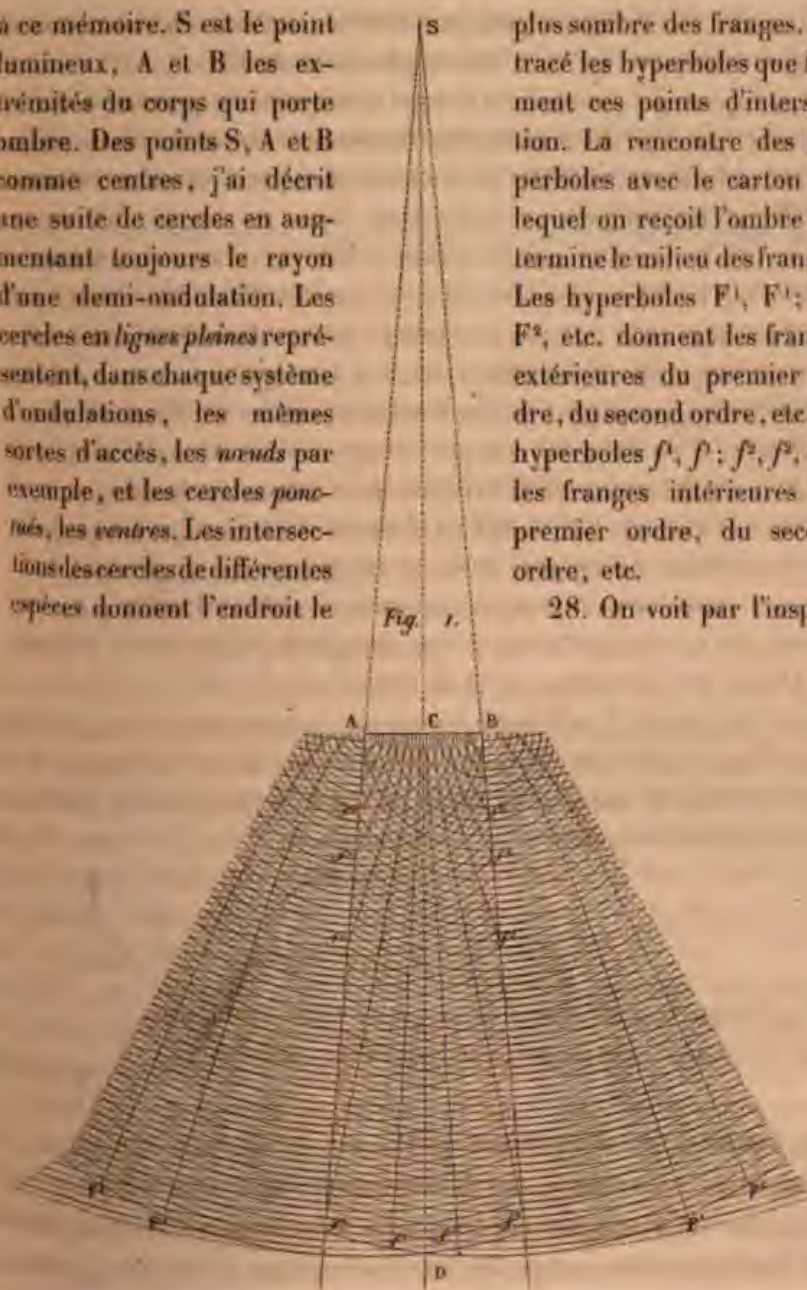
27. Pour expliquer nettement la manière dont je conçois le croisement des ondulations, je les ai représentées dans la figure 1, jointe

à ce mémoire. S est le point lumineux, A et B les extrémités du corps qui porte ombre. Des points S, A et B comme centres, j'ai décrit une suite de cercles en augmentant toujours le rayon d'une demi-ondulation. Les cercles en lignes pleines représentent, dans chaque système d'ondulations, les mêmes sortes d'accès, les *nœuds* par exemple, et les cercles ponctués, les *ventres*. Les intersections des cercles de différentes espèces donnent l'endroit le

plus sombre des franges. J'ai tracé les hyperboles que forment ces points d'intersection. La rencontre des hyperboles avec le carton sur lequel on reçoit l'ombre détermine le milieu des franges. Les hyperboles  $F^1, F^1; F^2, F^2$ , etc. donnent les franges extérieures du premier ordre, du second ordre, etc. les hyperboles  $f^1, f^1; f^2, f^2$ , etc. les franges intérieures du premier ordre, du second ordre, etc.

28. On voit par l'inspec-

N° II.



N° II. tion même de la figure pourquoi l'ombre contient d'autant plus de franges intérieures qu'on la reçoit plus près du fil.

Les rayons qui donnent les franges intérieures du premier ordre ne différant que d'un demi-accès, les intersections des ondulations rouges et des ondulations violettes se trouvent presque à la même distance de SD, et les couleurs se confondent. Dans les franges du second ordre, où les cercles qui se croisent diffèrent d'une ondulation et demie, les couleurs commencent à se séparer. Elles deviennent plus sensibles dans celle du troisième ordre, encore davantage dans celles du quatrième, etc. Enfin elles s'étendent tant que les franges des différents ordres empiètent les unes sur les autres, et finissent par se confondre. C'est ce qu'on observe lorsque le fil est assez large, ou l'ombre vue assez près du fil pour contenir beaucoup de franges.

29. La formule qui donne la distance d'une frange à l'autre est facile à calculer. Je suppose que l'on veuille obtenir l'expression de la distance entre les deux franges du premier ordre : il suffit pour cela de calculer la distance d'une de ces franges à SD, et de la doubler. Le milieu de cette frange est donné par l'intersection de deux cercles décrits des points A et B comme centres, et dont les rayons diffèrent d'une demi-ondulation. Je prends SD pour axe des  $x$  et AB pour axe des  $y$ ;  $b$  étant la distance du fil au carton et  $c$  représentant AB ou la largeur du fil, l'équation d'un des cercles sera :

$$(y - \frac{1}{2}c)^2 + x^2 = b^2;$$

et celle de l'autre :

$$(y + \frac{1}{2}c)^2 + x^2 = (b + \frac{1}{2}d)^2.$$

Je représente toujours par  $d$  la longueur d'une ondulation.

En éliminant  $x$  entre ces deux équations, on trouve

$$y = \frac{bd + \frac{1}{4}d^2}{2c};$$

mais comme  $d$  est extrêmement petit, on peut négliger son carré, et la valeur de  $y$  devient  $\frac{bd}{2c}$ . La distance entre les deux franges du premier ordre est donc égale à  $\frac{bd}{c}$ ; entre les deux franges du second ordre à  $\frac{3bd}{c}$ ; entre les deux franges du troisième ordre à  $\frac{5bd}{c}$ , et ainsi de suite.

Il est à remarquer que la distance entre les franges intérieures est indépendante de celle du fil au point lumineux, et c'est ce que confirme l'expérience.

N° II.

30. J'ai rassemblé dans le tableau suivant quelques observations faites sur les franges intérieures.

N° d'obs.	DISTANCE du point lumineux au fil.	DISTANCE du fil. au micromètre.	$d = 0^m,000005176$ . Le fil de fer a toujours $0^m,001$ de diamètre.		DIFFÉRENCES.
1	1 <sup>m</sup> ,49	3 <sup>m</sup> ,633	Largeur comprise entre les deux franges intérieures du 1 <sup>er</sup> ordre.	d'après l'observation. $0^m,00188$ d'après le calcul... $0^m,00188$	$0^m,00000$
2	1 <sup>m</sup> ,49	0 <sup>m</sup> ,592	Largeur comprise entre les deux franges intérieures du 2 <sup>e</sup> ordre...	d'après l'observation. $0^m,00096$ d'après le calcul... $0^m,00092$	+ $0^m,00004$
3	1 <sup>m</sup> ,49	0 <sup>m</sup> ,592	Largeur comprise entre les deux franges intérieures du 3 <sup>e</sup> ordre...	d'après l'observation. $0^m,00161$ d'après le calcul... $0^m,00153$	+ $0^m,00008$
4	0 <sup>m</sup> ,342	1 <sup>m</sup> ,996	Largeur comprise entre les deux franges intérieures du 2 <sup>e</sup> ordre...	d'après l'observation. $0^m,00323$ d'après le calcul... $0^m,00310$	+ $0^m,00013$

Les différences un peu fortes entre le calcul et les observations 2, 3, 4, sont dans le même sens et suivent le même rapport. Elles proviennent peut-être de ce que le fil de fer n'avait pas tout à fait  $0^m,001$  de diamètre dans la partie dont j'ai mesuré l'ombre, ou bien de ce que les couleurs d'un ordre empiètent d'autant plus sur celles de l'ordre suivant que la frange s'éloigne davantage de celle du premier ordre; en sorte que, par la même raison que nous avons déjà donnée pour les franges extérieures, la ligne de séparation apparente du rouge et du violet est reportée en dehors, plus pour les franges du deuxième ordre que pour celles du premier, pour celles du troisième que pour celles du deuxième, et ainsi de suite.

31. La seule inspection de la formule  $\frac{bd}{c}$ , qui donne la distance entre les franges intérieures, fait voir pourquoi l'ombre d'une aiguille,

1.

4



N° II. ou de tout autre corps pointu, s'ouvre en deux vers la pointe et se divise en franges d'autant plus nombreuses et plus rapprochées entre elles, qu'elles s'éloignent davantage de l'extrémité du style.

32. Il est facile de concevoir, d'après la même théorie, pourquoi, vis-à-vis des bords d'un petit papier collé au fil de fer, les franges intérieures se portent du côté du papier, en se rapprochant les unes des autres, jusqu'à ce qu'elles se fondent dans son ombre.

Ayant placé un papier noir très-étroit obliquement à la direction de la lumière, j'en ai observé l'ombre à une distance considérable relativement à la largeur du papier, et j'ai remarqué que les franges intérieures étaient disposées symétriquement de chaque côté du milieu de l'ombre, comme dans le cas où le papier était perpendiculaire aux rayons; d'où j'ai conclu qu'il ne fallait point compter leurs accès à partir des bords du papier, mais à partir du point lumineux; c'est-à-dire que les rayons vibraient d'accord avant d'arriver au papier. L'inclinaison du papier change à la vérité un peu le centre des ondulations, mais lorsqu'on en est assez éloigné pour que cette différence soit très-petite en comparaison du rayon du cercle, elle n'influe presque pas sur la courbure de ce cercle, et partant sur son intersection avec ceux qui ont pour centre l'autre bord du papier. Des observations faites avec le fil de fer je pouvais conclure directement l'accord des vibrations des rayons partant du point lumineux; car si l'on avait dû compter leurs ondulations à partir des points de tangence, la moindre irrégularité dans la surface du fil aurait pu occasionner une différence d'une ondulation, et détruire ainsi la symétrie des franges intérieures.

33. La frange extérieure du premier ordre étant donnée par l'intersection de deux cercles, dont l'un a pour centre le point lumineux, l'autre le bord du fil, et dont les origines sur le rayon tangent sont à une ondulation l'une de l'autre, il faut en conclure que la réflexion a changé d'une demi-vibration les ondulations qui ont pour centre le bord du fil; autrement elles seraient d'accord dans l'endroit même où se trouve la partie la plus sombre de la frange.



34. Les franges du deuxième, du troisième, du quatrième ordre, etc. tant intérieures qu'extérieures, prouvent que la position des nœuds et des ventres des ondulations de même espèce ne change pas, ou du moins ne change que par une progression peu sensible, en sorte qu'au bout de quatre ou cinq vibrations consécutives ils se retrouvent encore à peu près à la même place.

35. On demandera peut-être comment il se fait que les vibrations rouges, jaunes, vertes, bleues, violettes, qui sont de différentes longueurs, ne se détruisent pas réciproquement en partant du même point lumineux et en suivant les mêmes directions. Je répondrai à cela que sans doute ces différentes espèces de vibrations ne se font pas dans le même temps, mais les unes après les autres; la lumière blanche peut aussi bien en être la succession que le mélange; d'ailleurs quand elles auraient lieu en même temps, elles ne se contrariaient jamais d'une manière si complète et si continue que des vibrations d'une même espèce différant d'une demi-ondulation.

36. Nous avons vu, par l'analyse de la diffraction, que des rayons lumineux qui se croisent sous un petit angle se gênent et s'affaiblissent mutuellement dans le point d'intersection lorsque leurs vibrations ne s'accordent pas. Mais il est à remarquer que dans l'endroit même où la discordance est la plus complète il y a encore un peu de lumière, et que les parties noires des franges ne sont jamais d'une obscurité parfaite, même lorsque l'on forme le point lumineux avec une seule espèce de rayons. Il faut admettre encore dans cette théorie que les rayons, qui ont été obscurcis par la rencontre de vibrations discordantes, redeviennent lumineux ensuite dans la partie du trajet où les ondulations sont d'accord, et qu'ainsi ils peuvent reprendre leur éclat après l'avoir perdu. Les ondulations, en se croisant, se modifient sans doute au point d'intersection, mais leur mouvement réglé et leur forme circulaire se rétablissent ensuite. C'est de ce principe que j'ai tiré les formules dont je me suis servi et que l'expérience a confirmées.

Si l'angle sous lequel se croisent les rayons était infiniment petit, et que la discordance de leurs vibrations fût la plus grande possible,

N° II. c'est-à-dire d'une demi-ondulation, alors, leurs mouvements se contrariant constamment, ils perdraient peut-être complètement leurs propriétés lumineuses.

37. La théorie de la diffraction, telle que je viens de l'exposer, est fondée sur l'accord des vibrations (du moins dans un angle sensible) des rayons partant d'un même point lumineux. Comment cet accord se trouve-t-il établi au foyer d'une lentille, dans un petit trou au travers duquel on fait passer la lumière <sup>(1)</sup> ? Je n'ai pas encore pu me l'expliquer d'une manière satisfaisante. Mais malgré cette objection et beaucoup d'autres sans doute que l'on pourrait me faire, l'influence des rayons les uns sur les autres me paraît une conséquence si nécessaire de l'existence des franges intérieures, et l'accord des vibrations est si bien confirmé par celui du calcul et de l'observation, qu'il me semble que, si cette théorie n'est pas complètement démontrée, beaucoup de probabilités, du moins, se réunissent en sa faveur.

38. En réfléchissant à l'influence que les rayons exercent les uns sur les autres, j'ai pensé qu'elle pourrait servir à expliquer les lois de la réflexion et de la réfraction. Si on la reconnaît dans la diffraction, on doit l'admettre aussi dans les autres phénomènes.

Cela posé, lorsque des rayons partant d'un point lumineux rasent les bords d'un corps, ils sont réfléchis ou infléchis dans une infinité de sens <sup>(2)</sup>. L'analogie me conduit à supposer que ceux qui arrivent à la surface d'un corps transparent peuvent être réfléchis et réfractés suivant une foule de directions différentes; et dans cette analogie

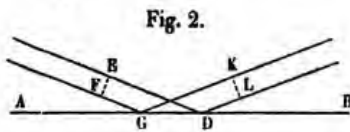
<sup>(1)</sup> Avant d'entreprendre la série d'observations nécessaires pour trouver la loi de la diffraction, je m'étais assuré, par des expériences préliminaires, que l'ombre et les franges ont toujours la même largeur, de quelque manière qu'on forme le point lumineux. Je l'ai fait avec une forte lentille ou des globules d'eau ou de miel, avec la pointe d'une aiguille émoussée et polie; j'ai placé une glace au foyer de la lentille, afin

que le point lumineux se trouvât dans le verre au lieu d'être dans l'air, et j'en ai point remarqué de différence dans les largeurs de l'ombre ou des franges prises à la même distance.

<sup>(2)</sup> On ne peut pas expliquer complètement cette diversité de directions par la forme cylindrique de l'arête ou de la surface que rasent les rayons lumineux; car la dispersion de la lumière varierait avec la

même, la loi de continuité rend ces mouvements intermédiaires assez vraisemblables. Mais pourquoi ces rayons intermédiaires ne sont-ils pas aperçus? C'est que leurs vibrations se contrarient, comme il est facile de le prouver <sup>(1)</sup>.

Soit AB, fig. 2, la surface d'un corps poli; ED et FG, deux rayons très-voisins; GK et DL, les mêmes rayons réfléchis. Je suppose que les points F, E, K et L soient dans les deux rayons les endroits correspondants des mêmes vibrations, de manière qu'on ait



$ED + DL = FG + GK$ . Les deux rayons incidents FG et ED vibrent d'accord, les deux points F et E se trouvent sur la même perpendiculaire. Lorsque les angles KGB et BDL sont égaux aux angles AGF et EDA, les points K et L se trouvent aussi sur la même perpendiculaire aux rayons réfléchis. Mais lorsque l'angle d'incidence n'est plus égal à l'angle de réflexion, les points correspondants K et L ne sont plus sur la même perpendiculaire aux rayons réfléchis, et leurs vibrations se con-

courent du cylindre, et c'est ce qui n'a pas lieu, du moins dans le voisinage de l'ombre, puisque le dos et le tranchant d'un rasoir donnent des franges d'un égal éclat.

<sup>(1)</sup> Pour expliquer la régularité de la réflexion sur les surfaces polies, Newton est obligé de supposer que la lumière peut être repoussée à une distance sensible des corps; car, comme il l'observe lui-même, la surface la mieux polie a nécessairement une multitude de petites aspérités. Or cette action à une distance appréciable est peu probable, puisque les molécules des corps, qui ont bien plus de masse, n'agissent les unes sur les autres qu'à des distances infiniment petites. D'ailleurs en admettant cette hypothèse, on peut encore faire à son explication une objection tirée de la théorie des accès. Une molécule lumineuse ne passe pas sans doute brusquement et sans intermédiaires

d'un accès de facile réflexion à un accès de facile transmission, et il n'est pas nécessaire pour qu'elle soit réfléchie, qu'elle se trouve à cet instant au plus haut degré de l'accès de facile réflexion. Il suffit que sa disposition à être repoussée l'emporte sur l'attraction. Elle peut donc être repoussée dans une infinité de circonstances différentes, et il n'y en a qu'une seule cependant où la molécule, à son retour, se retrouve exactement dans les mêmes dispositions qu'à son arrivée, et où, par conséquent, les deux branches de la courbe qu'elle décrit soient symétriques par rapport à la normale, puisque les intervalles entre les différents accès ne sont pas infiniment petits.

On pourrait faire une objection semblable, fondée aussi sur la théorie des accès, à son explication de la réfraction.

N° II. trarient : or on peut toujours concevoir les deux rayons incidents à une distance l'un de l'autre telle que la discordance soit complète pour les rayons réfléchis, c'est-à-dire d'une demi-ondulation, et comme ils sont d'une force égale, leurs vibrations se détruisent mutuellement.

39. Cette explication de la réflexion n'oblige pas d'admettre que la lumière est repoussée à des distances sensibles, ou que la surface des corps polis est absolument sans aspérités; il suffit de supposer que ces aspérités sont très-petites par rapport aux longueurs d'ondulation, et l'on conçoit pourquoi sous un angle de réflexion égal à l'angle d'incidence l'œil doit recevoir beaucoup plus de lumière que dans toute autre direction <sup>(1)</sup>.

40. Avec ces considérations il me paraît facile d'expliquer les images colorées que réfléchissent les surfaces rayées, phénomène curieux dont M. Arago a bien voulu me donner la description.

41. Je passe maintenant aux rayons réfractés.

Newton a prouvé que le rapport entre les longueurs d'accès, ou les ondulations de la lumière, dans l'air et dans l'eau est le même que celui du sinus d'incidence au sinus de réfraction, et il croit que cette règle est générale, et peut être appliquée à tous les corps. C'est de cette règle que je vais partir pour expliquer la loi de la réfraction. Je supposerai donc que le rapport entre la longueur des ondulations du rayon incident et celles des ondulations du rayon réfracté est cons-

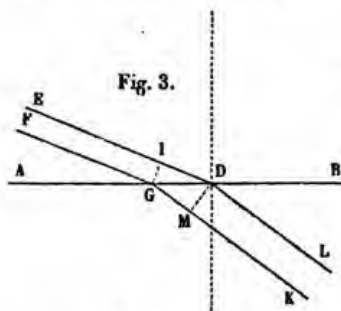
<sup>(1)</sup> Je vais au-devant d'une objection qu'on fera sans doute à cette explication.

Si le rayon incident réfléchit des molécules de calorique dans toutes les directions en rencontrant la surface d'un corps poli, pourquoi le calorique rayonnant qui en résulte est-il, comme la lumière, réfléchi presque uniquement suivant un angle égal à celui d'incidence ?

Je répondrai que la discordance complète et continue des vibrations dans les autres directions, en les affaiblissant extrêmement, peut non seulement détruire la visibilité des

rayons mais encore leur faculté échauffante, ou du moins la diminuer considérablement. D'ailleurs je ne prétends point que la plus grande partie des molécules de calorique ne se réfléchissent pas suivant un angle égal à celui d'incidence. Mais il me semble que les petites aspérités qui couvrent inévitablement les surfaces les mieux polies doivent en réfléchir encore beaucoup dans toutes les autres directions, et qu'on ne peut pas expliquer autrement que je ne le fais comment les corps polis éparpillent si peu la lumière et produisent des images si nettes.

tant : il est aisé d'en conclure que le seul rayon réfracté *apparent* est celui qui a une direction telle que les sinus d'incidence et de réfraction sont dans le même rapport que ces ondulations. En effet, soit AB la



surface qui sépare les deux corps transparents, FG et ED deux rayons incidents très-voisins, GK et DL les deux rayons réfractés. Par le point G je mène GI perpendiculaire aux rayons incidents; G et I seront dans chacun d'eux des points correspondants des mêmes vibrations. Du point D j'abaisse sur GK la perpendiculaire DM. L'angle IGD

est égal à l'angle d'incidence et GDM à celui de réfraction. Prenant GD pour rayon, ID est le sinus d'incidence et GM celui de réfraction. Donc lorsque le sinus d'incidence sera à celui de réfraction comme les ondulations des rayons incidents à celles des rayons réfractés, ID et GM représenteront des parties équivalentes de ces ondulations, et M et D seront par conséquent des points correspondants des mêmes vibrations. Mais dans toute autre direction on sent que cela ne peut plus avoir lieu, et que les vibrations des rayons réfractés se contrarient; or on peut toujours les concevoir à une distance l'une de l'autre telle que la discordance soit complète, c'est-à-dire d'une demi-ondulation. Ainsi tous les rayons réfractés, autres que ceux dont nous avons parlé d'abord, ne sont plus sensibles.

42. Je tire de cette théorie une conséquence absolument opposée à celle de Newton : c'est que la marche de la lumière est plus lente dans le verre que dans l'air, suivant le rapport du sinus de réfraction à celui d'incidence; car il faut admettre que chaque vibration de la lumière dans le verre s'accomplit dans le même intervalle de temps que chaque vibration dans l'air, autrement il y aurait discontinuité ou discordance entre les ondulations qui précéderaient et celles dont elles seraient suivies.

43. Les anneaux colorés, produits par des rayons obliques, paraissent prouver cependant que les mêmes espèces de rayons peuvent



N° II. avoir dans le même milieu des accès plus ou moins longs suivant le degré d'obliquité; mais je soupçonne que c'est à tort que Newton en a tiré cette conséquence, et que ce phénomène peut s'expliquer d'une autre manière, par l'influence des rayons les uns sur les autres <sup>(1)</sup>. N'ayant pas encore trouvé cette explication, je ne puis répondre à l'objection <sup>(2)</sup>.

Cependant une expérience même de Newton rend probable l'égalité des ondulations dans les mêmes milieux, quel que soit l'angle d'incidence. Lorsqu'il voulut mesurer les largeurs des anneaux produits par les différents rayons qui composent la lumière blanche, il les sépara au moyen d'un prisme. Or, si l'angle d'incidence pouvait faire varier la longueur des accès, comme les deux faces du prisme ne sont pas parallèles, en changeant son inclinaison par rapport au rayon incident on changerait la longueur des accès du rayon émergent, et, par conséquent, la largeur des anneaux pour les rayons d'une même couleur, et sans doute ces variations n'auraient point échappé à Newton; cependant je ne crois pas qu'il en ait parlé <sup>(3)</sup>.

Quoiqu'il en soit, l'égalité de vitesse et d'ondulation des mêmes espèces de rayons dans les mêmes milieux, quel que soit l'angle d'incidence, me paraît une conséquence nécessaire de la théorie des vibrations.

44. Il résulterait de ce système que la vitesse de la lumière dans le verre, par exemple, serait toujours égale à sa vitesse dans l'air divisée par le rapport constant du sinus d'incidence à celui de réfraction. Une conséquence remarquable de ce principe, c'est que le chemin que suit la lumière en se réfractant est celui qui l'amène le plus prompte-

<sup>(1)</sup> En appliquant cette théorie aux anneaux colorés, je parviendrai peut-être à expliquer pourquoi les longueurs d'accès que Newton en déduit ne sont que la moitié de celles qu'in-

diquent mes expériences sur la diffraction <sup>(2)</sup>.

<sup>(3)</sup> J'aurais bien voulu faire cette expérience, mais je n'ai pas à ma disposition les verres nécessaires.

<sup>(1)</sup> Voir N° IV, § 21 à 24; N° X, § 10 à 14.

<sup>(2)</sup> Voir N° IV, § 18 à 20; N° X, § 7 à 9.

ment possible d'un point pris dans l'air à un autre point pris dans le verre. N° II.

45. Cette théorie des vibrations et de l'influence des rayons les uns sur les autres, qui lie déjà tant de phénomènes séparés dans celle de Newton, ne doit-elle pas conduire à la véritable explication de la polarisation ?

Mathieu, le 15 octobre 1815.

A. FRESNEL.

46. P.-S. J'ai pensé qu'il serait intéressant de vérifier encore la loi de la diffraction dans une de ses limites, en mesurant l'ombre d'un fil éclairé par une étoile, et je me suis assuré que cela était facile. J'ai regardé une des étoiles les plus brillantes du firmament au travers d'une loupe de deux pieds de foyer, après avoir placé à une certaine distance un fil de fer entre l'étoile et la loupe, et j'ai vu distinctement l'ombre du fil avec les deux franges extérieures du premier ordre. Le fil de fer était à huit mètres du foyer de la loupe. J'avais calculé la largeur des franges au moyen de la formule  $\sqrt{\frac{2d(a+b)b}{a}}$  qui devient  $\sqrt{2db}$  lorsque le point lumineux est à l'infini, et la loupe portait à son foyer deux fils dont l'intervalle avait été déterminé d'avance par ce calcul. Malheureusement des nuages m'avaient dérobé l'étoile brillante dont je voulais me servir, et lorsqu'elle reparut elle était déjà trop élevée sur l'horizon; cela m'obligea de me rapprocher d'un mètre du fil de fer. Son ombre devait me paraître alors un peu plus petite que l'intervalle entre les fils; c'est ce que j'observai aussi. Je me propose de reprendre cette expérience dans des circonstances plus favorables.